Jb. Nass. Ver. Naturk.	Bd. 99	Seite 27—42	Wiesbaden, 1968

WANDERWEGE VON KOCHSALZHALTIGEN WÄSSERN IM NÖRDLICHEN MAINZER BECKEN UND AN SEINEN RÄNDERN

Von W. WAGNER, Darmstadt*)

Mit 1 Abbildung

Die Mehrzahl der Mineralquellen und Thermen Südwestdeutschlands ist an tektonisch stark beeinflußte Gebiete gebunden. Wenn wir diese Tatsache berücksichtigen, so ist es naheliegend, hydrologische Betrachtungen des nördlichen Rheintalgrabens und seiner Randgebiete vorzunehmen, in denen sich heute noch eine seismische Unruhe bemerkbar macht. Greifen wir aus diesen Bezirken zu einer Betrachtung das Mainzer Becken mit seinen Randgebieten heraus. In seiner Entstehung ist es an die Bildung des Rheintalgrabens gebunden.

In der älteren Tertiärzeit trat ein Ereignis ein, das für ganz Südwestdeutschland von der größten Bedeutung wurde. Gewaltige Bodenbewegungen setzten ein, die zur Entstehung eines breiten Zerrgrabens, dem Rheintalgraben führten. Wir können diesen als einen synsedimentären Zerrgraben mit aufsteigenden Randgebirgen bezeichnen. Der Einbruch erfolgte allmählich, im Süden im Eozän beginnend und endend zu Beginn des Miozäns. In dem südlichen Teil dieser Senke kam es im Obereozän und im Unteroligozän bei einem subtropischen Klima zur Bildung mehrerer mächtiger Steinsalzlager und zweier bedeutender Kalisalzlager.

Während in diesem Südgrabengebiet, bis in die Kraichgau-Pfalzburgsenke das Meer im Obereozän Besitz ergriff, ingredierte dasselbe im Nordgebiet erst im Oligozän. Mit dem mitteloligozänen Rupelton findet eine allgemeine Senkung des Grabengebietes in der Weise statt, daß nicht nur der Graben Mainz Basel sinkt, sondern auch weithin die Nachbargebiete mit in die Abwärtsbewegung gehen, so daß die Randgebirge wohl nur noch flache Inseln in dem weitausgedehnten mitteloligozänen Meer bilden.

Das Mainzer Becken kann als ein vom Graben ausgehendes Einbruchsfeld in die wieder belebte rotliegende Saar-Saale-Senke angespro-

*) Prof. Dr. W. WAGNER, 61 Darmstadt, Claudiusweg 16

chen werden. Schon im mittleren Unteroligozän beginnt an tiefen Stellen derselben die Meerestransgression (Fossilzone), und im Mitteloligozän greift sie sogar auf paläozoische Teile des Pfälzer Berglandes und des Hunsrücks über.

Nach Norden setzt sich der Rheintalgraben in der zerstückelten Wetterau fort. Sie ist im Westen durch den Taunus mit starken Bruchlinien begrenzt und sie findet durch den sog. Frankfurt Offenbach-Vilbel Horst an Störungen ihre östliche Begrenzung.

Überall in dem gestörten Untergrund der Wetterau und an dem Taunusrand ist mit dem Aufdringen von Kohlensäure aus dem erlöschenden Vulkangebiet des nahen Vogelsbergs und von Mineralwasser (erdalkalischen Säuerlingen) zu rechnen. Doch macht sich, worauf F. MICHELS 1966, S. 23, hinweist, der tertiäre Vulkanismus auch außerhalb der Wetterau im Störungsbereich der Saar-Nahe-Saale-Störungszone bemerkbar. Das Auftreten von 0,0888 g freier Kohlensäure bei Bingen (in Kempten) braucht deshalb nicht in Beziehung zu dem Vogelsberg-Wetterau-Vulkanismus gebracht werden, sondern er kann auch örtlicher Entstehung sein.

Die günstigsten Stellen zur Erschrotung von Kohlensäure reichen Mineralquellen liegen da, wo die Zerklüftung des Gesteins eine weitgehende ist, wo man mit offenen Klüften rechnen kann, wie solche an den Kreuzungsstellen von Verwerfungsspalten entstehen, und wo eine Fiederung der Hauptspalten sich gebildet hat.

Das beste Beispiel für dieses Verhalten bietet das Quellgebiet von Wiesbaden, das neuerdings eine weitgehende Sanierung und bessere Ausnutzung erfahren hat und das einer eingehenden geologischen Untersuchung durch FR. MICHELS 1966 unterzogen wurde. Von „dem Hauptspaltensystem, das N 60° — 65° O verläuft, fiedert in Wiesbaden ein wichtiges klaffendes Spaltensystem in Richtung N 35° O ab“. „Auf diesem System von Fiederspalten, das im Serizitgneis verläuft, steigen auf einer schnurgeraden Linie die Hauptquellen hoch, mit Temperaturen von 60 bis 70°, deren Aufheizung Tiefen von 2000 und mehr Metern verlangen.“

Vergegenwärtigen wir uns kurz den vortertiären Werdegang des Mainzer Beckens, der seinen tertiären beeinflußt. Die mittelrotliegende Faltung und die praetriadische Pfälzer Faltung führen zur Entstehung des nordöstlich streichenden Pfälzer Sattels und der Nahemulde mit ihren Teilsätteln und Mulden innerhalb der palaeozoischen Saar-Nahe-Saale-Senke. Zugleich mit der beginnenden Ausgestaltung des Pfälzer Sattels dringen die Quarzporphyre stock- und lagerförmig ein (Kreuznacher Porphyrmasse). Es zeigen sich streichende NO — SW gerichtete Störungslinien und solche die NW — SO, also quergerichtet sind. Der Aufwölbung des Pfälzer Sattels folgt eine starke Bruchbildung.

Die scheinbar natürlichen Grenzen zwischen dem waldigen Pfälzer Bergland und dem hügeligen Mainzer Becken sind nur insofern Grenzen, als hier die Geschlossenheit der tertiären Bildungen aufhört, daß an ihrer

Stelle die mannigfaltigen rotliegenden Gesteine überragend in die Erscheinung treten. Diese sind auf weite Strecken westwärts noch von oligozänen Ablagerungsresten bis in die Gegend von Kirn, noch in 330 m NN nachweisbar.

Dieses an das rein tertiär-diluviale Mainzer Becken westwärts anschließende rotliegende Gebiet des Pfälzer Berglandes wird als Kreuznacher Bucht bezeichnet. Sie ist mit Resten oligozäner und untermiozäner Schichten bedeckt, sie ist ferner vielfach von Störungen durchsetzt, deren Bruchrichtung oft als Resultierende der rheinischen und herzynischen angesprochen werden kann. Die Störungen schneiden den Pfälzer Sattel und die Nahemulde unter einem schiefen Winkel. Eine eingehende geologische Behandlung des Gebiets ist in der Arbeit „Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen von Bad Kreuznach und Bad Münster a. Stein" 1923 von W. Wagner niedergegeben worden. Zugleich sei hier auf die Arbeit von K. W. Geib „Neuere Erkenntnisse zur Paläogeographie des westlichen Mainzer Beckens" hingewiesen. Notizbl. Hess. L. A. für Bodenfg. 2, 5 1950 S. 101—121.

Betrachten wir gleichzeitige Oligozänvorkommen in der Kreuznacher Bucht auf ihre Höhenlage hin, so finden wir bis 120 m Sprunghöhen. Wir können aus diesem Verhalten auf bedeutende spätere Hebungen der tertiären Schichten schließen, die vom Mainzer Becken bis zum Pfälzer Bergland und dem devonischen Hunsrück treppenförmig ansteigen und damit eine nacholigozäne Aufwärtsbewegung des Gebirges mit beträchtlicher Bruchbildung bezeugen.

Der geologische Bau der Randgebiete des Mainzer Beckens zum Pfälzer Bergland und zum Rheinischen Schiefergebirge läßt wertvolle Salzquellen und Thermen zur Entstehung kommen.

Gehen wir das Glantal (rechter Nebenfluß der Nahe) aufwärts bis zur Mündung der Lauter in die Glan (Lauterecken), so befinden wir uns auf der nördlichen Flanke des varikisch ziehenden Pfälzer Sattels. Im Gebiet von St. Medard und Lauterecken wird er von NO und NW ziehenden Störungen durchsetzt, und bei einer NW streichenden und nach SW fallenden Störung liegt die als radioaktive erdmuriatische Kochsalzquelle anzusprechende Quelle von St. Medard. Sie ist nicht die einzige in dem gestörten Gebiet.

Bei Grumbach-Lauterecken und bei Odernheim am Glan sind seit altersher Salzquellen bekannt, und die vor einigen Jahren niedergebrachte Bohrung bei Sobernheim an der Nahe traf Salzwasser in 70 m Tiefe. Die aus der 7 m Tiefe kommende Quelle von St. Medard ist nach Untersuchungen von Fr. Schwille, der Rheingrafenquelle von Bad Münster am Stein gleichzusetzen. Wie dieser fehlt der Medarder Quelle ein Sulfatgehalt, und der Brom- und Jodgehalt ist der gleiche. Ja sogar der für die Rheingrafenquelle hohe Methangehalt läßt sich in St. Medard nachweisen.

Ein Zusammenhang beider Quellen ist ziemlich sicher anzunehmen, trotz ihrer 25 km weiten Entfernung in der Streichrichtung des Pfälzer Sattels. Die Schüttung der Quelle von St. Medard gibt SCHWILLE 1953 mit 1,4 Millionen m³ an.

Über 20 erdmuriatische Kochsalzquellen, teils mit natürlichem Auftrieb, teils durch Bohrungen erschlossen, liegen in einer Spaltenzone des Quarzporphyrs zwischen Münster am Stein und Kreuznach. Auf dem Schnittpunkt von zwei Spaltenzonen befindet sich die Rheingrafenquelle von Münster am Stein, die mit 30,6 °C als Therme bezeichnet werden kann. Der eine Spaltenzug, aus dem Alsental kommend (Alte Bambergquelle), ist nahezu Süd-Nord gerichtet, der andere zieht nordwestlich das Nahetal aufwärts, unterhalb von dem 200 m senkrecht abfallenden Porphyrfelsen des Rotenfels. Wer den aus Quarzporphyr aufgebauten Rheingrafenstein einmal betrachtet hat, dem wird die starke Zerrüttung des Gesteins aufgefallen sein. Rheinisch und herzynisch gerichtete Spalten durchsetzen das Gestein und lassen die abenteuerlichen Felsformen entstehen. Die Zerrüttung des Porphyrs bringt die Wege zustande, auf denen das Salzwasser aus großer Tiefe zu Tage steigen kann. Und mit ihm strömt ein Methan und Radongas führendes brennbares Gas aus, dessen Menge auf 50 — 60 m³ täglich angegeben wird. Das Gas findet als Radoninhalation eine therapeutische Verwendung. Ferner sieht man, etwa in der Fortsetzung der großen Nord-Südspalte, welche den Rheingrafenstein in zwei mächtige Felsblöcke zerteilt, in dem Nahebett Gasblasen aufsteigen.

Auch die anderen Salzquellen der Nahetalbäder sind durch tektonische Vorgänge im Quarzporphyr beeinflußt. Eine starke Zerklüftung des mit alten Quellabsätzen behafteten Porphyrs ist in den Bahneinschnitten oberhalb von Kreuznach zu sehen. Hier sind auf 1 km Entfernung neun Spalten sichtbar, die mit N 15° O ziehen, also etwa die gleiche Richtung annehmen, in der die Salzquellen von Münster am Stein angeordnet sind. Die mit Breccien erfüllten Spalten und die mit Baryt durchsetzten und zu einem Konglomerat verkitteten Meeressande am Kreuznacher Kehrenberg lassen alte Quellgänge vermuten. Sie werden am linken Naheufer von den bedeutenden erdmuriatischen Salzquellen von Theodorshalle im Salinental begleitet. Im weiteren nach Norden gerichteten Nahebett folgen die ermuriatischen Salzquellen von Karlshalle und die Oranienquelle, die beide durch sehr hohe Bromgehalte ausgezeichnet sind. Die Süd-Nord gerichteten Quellenspalten ziehen nach Norden weiter und wir kommen zu den erdmuriatischen Kochsalzquellen des Kurparks von Kreuznach (Elisabethenquelle, Viktoriaquelle, Faustquelle).

Hier sehen wir eine Verwerfung, die nahezu O-W verläuft, mit 50° nach NNO einfällt und den Porphyr von oberrotliegenden Sandsteinen trennt (Kreuznacher Schichten). Nach den Untersuchungen von K. W. GEIB (Über die mutmaßliche Fortsetzung der Kurparkverwerfung 1952) kann angenommen werden, daß die Verwerfung nach Osten auf den Ab-

hang des rechten Naheufers fortsetzt und hier eine offene Spalte bildet, die in altdiluvialer Zeit wieder auflebte. Westlich der Nahe verläuft die Verwerfungsgrenze nahezu ostwestlich, verbunden mit dem Auftreten einer schwachen Salzquelle am Naheufer (Faustquelle). Mit den Kurgartenquellen verläßt die nördlich gerichtete Quellzone den an sich nicht wasserhaltigen, aber Mineralwasser gut leitenden klüftigen Quarzporphyr und tritt in den oberrotliegenden Sandstein (Kreuznacher Schichten) ein. Dieser ist aber trotz seiner geringen Wasserdurchlässigkeit keineswegs frei von Salzquellen, die ihren Weg in Bruchzonen weiter nehmen. Diese müssen wir annehmen, da die am Nordende der Stadt (Fabrik Jakob) und am Schlachthof gelegenen Bohrungen Salzwasser in oberrotliegenden Sandsteinen (Kreuznacher Schichten) erschlossen haben. Am Nordende der Stadt wurde im Sandstein eine Salzquelle in 97 m Tiefe erbohr, so daß man vermuten kann, daß die Mineralwasser führende Störungszone sich zunächst in nordöstlicher Richtung, dem Nahelauf folgend fortsetzt, wobei sie das Oberrotliegende gegen das Tertiär des Mainzer Beckens verwirft. Von Langenlonsheim an zieht diese Nahetalstörung, nach Norden gerichtet, bis zur großen NO verlaufenden Saar-Nahe-Saalestörung, an der Rotliegendes von dem devonischen Schiefergebirge geschieden wird. Am Schnittpunkt beider Störungszonen liegt am linken Naheufer bei Laubenheim die Trollmühle. Hier wurde 1960 unter der Leitung K. W. GEIBS eine 80 m tiefe Bohrung niedergebracht. Sie verlief in den Waderner Schichten und erbrachte einen Wasserzufluß von 46 m³ in der Stunde. Eine Wasserprobe aus 80 m Tiefe wurde untersucht und ergab an Stelle des gesuchten Trinkwassers eine Kochsalzquelle mit 3600 mgr im Liter. Herrn FR. W. GEIB verdanke ich die obigen Angaben. Das Ergebnis läßt vermuten, daß die Nahetalstörung mit ihren Solwasser führenden Quellen von Kreuznach nach Norden bis zur Saar-Nahe-Saalestörung vorstößt. Die Saar-Nahe-Saalestörung setzt, nach Norden verschoben, auf das rechte Naheufer über und verläuft in nordöstlicher Richtung südlich des variskisch streichenden unterdevonischen Rochusberg. Eine genaue Lage läßt sich wegen der tertiären und diluvialen Überlagerung nicht angeben. Ihre Lage wird aber durch eine Verwerfung am Lauterborn am Südostfuß des Rochusbergs zwischen mitteloligozänem Rupelton und oberoligozänem Cyrenenmergel angedeutet. Der Rochusberg bricht im Osten an einer NW gerichteten Störung innerhalb des Devons ab und wir gelangen in das durch Salzwässer ausgezeichnete Gebiet unmittelbar östlich von Kempten am Südende der zerstörten Hindenburgbrücke. Schon die Vorarbeiten bei dem Bau der Brücke zeigten, daß in diesem Gebiet bereits in geringer Tiefe Mineralwasser dem Grundwasser zufließt. Eine mit Taunusquarzitbruchstücken erfüllte, einige Meter breite Spalte wurde bei den Brückenbauarbeiten am Ostende der Rüdesheimer Au angefahren. Sie läßt sich nach SW in den Rochusberg hinein verfolgen. Sie wurde von Goethe auf seiner Rheinreise 1814 entdeckt und als Urbreccie von ihm beschrieben.

Eine Bohrung (1912) 175 m östlich der Bahn von Bingen nach Kreuznach, etwa 250 m südlich des Rheinufers, erschloß in 46,5 m Tiefe ein nennenswertes Salzwasser, das den Namen Hildegardisquelle erhielt.

Wasser aus dieser Tiefe (46,5 m) wurde untersucht, das in 1000 g folgende Zusammensetzung hatte:

	Gramm	Milli Val
Kationen		
Kalium Ion K	0,0473	1,20
Natrium Ion Na	1,8778	81,64
Calcium Ion Ca	0,3315	16,57
Magnesium Ion Mg	0,1329	10,92
Ferro Ion Fe	0,0111	0,40
		110,73
Anionen		
Chlor Ion Cl	2,7333	77,00
Sulfat Ion SO_4	1,2028	25,40
Hydrocarbonat Ion HCO_3	0,5285	8,52
	6,8843	110,92
Kieselsäure (meta)	0,0191	
Spuren von Brom		

Ferner war die freie Kohlensäure 0,0880 g. Die Summe aller Bestandteile betrug 6,9723 g. Das Wasser wurde als salinische alkalische Kochsalzquelle bezeichnet.

Auffallend ist der Gehalt an Sulfaten (Natriumsulfat, Calciumsulfat). Dieser ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß das Wasser, das den oligozänen Meeressand bei rund 30 — 40 m durchströmt, in diesem einen Kiessand vorfand, dessen Gerölle durch Schwefeleisen zu einem Konglomerat verkittet waren.

Dieses Analysenergebnis von 1912 aus 46,5 m Tiefe weicht von dem von 1913 aus 65 m Tiefe wesentlich ab. Betrug der Chlorionenbetrag in der 46,5 m tiefen Bohrung von 1912 2,7333 g (77,00 Milli Val), so war die Chlorionenmenge aus 65 m Tiefe 1913 7,7988 g (210,97 Milli Val).

Offenbar bewegt sich das schwere Salzwasser in größerer Tiefe und darüber stellt sich ein Hydrocarbonatwasser ein. Eine Wasseranalyse aus 121 m Tiefe in einer Bohrung 1935 (ALMS) mit 209,36 Milli Val Natrium und 264,96 Milli Val Chlor bekräftigte diese Annahme.

Die Summe aller Bestandteile betrug in der 46,5 m tiefen Bohrung 1912: 6,9723 g und 1913 in 65 m 15,0445 g. Die freie Kohlensäure zeigte einen kleinen Rückgang von 0,0880 auf 0,0662 g.

1935 unternahm ein Herr H. ALMS aus Wiesbaden eine neue Bohrung 83 m nördlich der Hildegardisquelle. Die Almssche Bohrung, die bis 152 m

tief war, durchörterte von 94 m an den unteren Taunusquarzit. Dieser war in 121, 138 und 152 m Tiefe von Klüften durchsetzt, in denen Solwasser zirkulierte mit einem noch höheren Chlorionengehalt wie in dem Wasser aus 46,5 m und dem aus 65 m Tiefe und zwar 209,36 Milli Val Chlor.

Das geologische Bild der Bohrung ist das folgende:

0 — 6,50 m	Niederterrassenbildung des Rheins (83,3 — 76,00 m NN)
6,50 — 19,50 m	Mittlerer Rupelton (Zone des bituminösen Fischerschiefer) kalkhaltig
19,50 — 24,50 m	Unterer Rupelton, kalkhaltig
24,50 — 26,00 m	Übergang vom Rupelton zum Meeressand
26,00 — 41,00 m	Mitteloligozäner Meeressand
41,00 — 41,50 m	Absätze von Schwefeleisen und Schwefeleisen als Bindemittel von Quarzit und Milchquarzgeröllen Übergang von Meeressand zu unteroligozänem Mergel
41,50 — 49,00 m	Unteroligozäner Mergel, kalkhaltig
49,00 — 82,00 m	Voroligozäner Verwitterungsboden des Taunusquarzits, durchtränkt von aus Spalten des Untergrundes aufsteigenden Solwässern
82,00 — 94,00 m	Verwitterungsboden des unteren Taunusquarzit in toniger Entwicklung
94,00—152,00 m	Unterer Taunusquarzit in vorwiegend toniger Entwicklung von Klüften durchsetzt, auf denen Solwässer zirkulieren.

Es zeigte sich ferner, daß das Wasser aus 121 m Tiefe freies Gas enthält. In dem Wasser aus etwa 140 m Tiefe wurden 75 ccm Kohlensäure frei bei 12,8 °C, also 0,141 g im Liter bestimmt.

Es wurde dann das Wasser aus 121 m Tiefe analysiert:

Gesamtrückstand 18,55 g (siehe Tabelle auf Seite 32 oben).

Das Mineralwasser entspricht in seiner Zusammensetzung ungefähr einer Lösung, welche ohne Berücksichtigung des durch den Kohlensäureverlust vorher ausgefallenen Eisens folgende Salze enthält:

	Gramm		Gramm
NaBr	0,0153	Übertrag	17,5173
NaJ	0,0005	$MnSO_2$	0,0069
NaCl	12,2310	Al_2O_3	0,0010
KCl	2,1994	Fe_2O_3	0,0080
MgCl2	1,0257	SiO_2	0,0194
$CaSO_4$	2,0454		17,5526
	17,5173		

Das Wasser aus 152 m ist demnach als erd-alkalisch sulfatische Kochsalzquelle zu bezeichnen.

	Gramm	Milli Val	(Wiesbaden)
Kationen			
Kalium Ion	1,1534	30,00	
Natrium Ion	4,8154	209,36	116,8
Lithium	stärkere Spuren im Spektrum		
Calcium Ion	0,6020	30,10	
Magnesium Ion	0,2619	21,41	
Mangano Ion	0,0025		
Ferro Ion	nicht berücksichtigt, da ausgefallen		
Anionen			
Chlor Ion	9,4000	264,96	131,3
Brom Ion	0,01191	0,14	
Jod Ion	0,00045	4,5 Gamma	
Sulfat Ion	1,6605	34,00	1,30
Kieselsäure	0,0194		
Tonerde (Al_2O_3)	0,0010		
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,0080		
	17,93646		

Um nun richtige Vergleiche mit den früher in dem Kemptner Bohrbezirk erbohrten Wassern und den sonstigen in näherer und weiterer Entfernung (Wiesbaden, Nahetal) auftretenden Mineralwässern anstellen zu können, sollen im folgenden die wichtigsten Stoffe dieser Wässer in Milli-Val-Werten, d. h. Milligramm Äquivalenten in 1 kg dargestellt werden. Aus dem Vergleich in Milli-Val-Werten untereinander ersehen wir, welches die eigentlich wichtigsten Anionen und Kationen sind, die sich nach Maß-

Milligrammäquivalente

	Quelle Alms aus 121 m	Hildegardisquelle aus 65 m	Echter Quelle
Kationen			
Kalium	29,49	2,62	2,66
Natrium	209,36	203,94	32,35
Calcium	30,10	31,86	4,74
Magnesium	21,47	15,76	2,18
Anionen			
Chlor	265,09	219,96	35,01
Brom	0,1375	—	0,026
Jod	0,0033	—	0,000005
Sulfat	34,56	11,70	7,68

gabe der Wertigkeit zu chemischen Verbindungen vereinigen. Das Milli Val gibt eine vergleichbare Konzentration an.

Vergleichen wir zunächst einmal die wichtigsten, in dem Wasser der Quelle ALMS vorhandenen chemischen Stoffe, auf Milli Valwerte berechnet, mit denen, wie sie in den Mineralquellen der unmittelbaren Umgebung gefunden wurden, also mit den Ergebnissen der Hildegardisquelle und der 1300 m NNW gelegenen Echter Quelle auf der anderen Rheinseite bei Rüdesheim.

Es zeigt sich unverkennbar, daß im wesentlichen bei allen drei Quellen der Natrium- und Chlorgehalt herrscht, also der Kochsalzgehalt der maßgebende ist.

Das Verhalten der Alkalien (Kalium, Natrium) zu den Erdalkalien (Calcium, Magnesium) ist bei allen etwa das gleiche, nämlich:

Quelle Alms	Hildegardisquelle aus 65 m	Echter Quelle
4,63:1	4,35:1	5:1

Auffallend hoch ist der Sulfatgehalt in allen drei Wässern, wenn schon durch die örtlichen Verhältnisse, das Vorkommen oder Fehlen einer tertiären Überdeckung, starke Abweichungen hervorgerufen werden.

Betrachtet man die 6,5 km nordöstlich im Taunusquarzit gelegene Quelle von Aßmannshausen, so ist bei dieser schwach mineralischen Therme das Verhältnis der Alkalien zu den Erdalkalien schon wesentlich verschieden, nämlich 2,9:1, noch mehr fällt aber da die Abnahme des Sulfatgehaltes auf. Während bei der Quelle Alms auf 7,7 Teile Chlor 1 Teil Sulfat und bei der Echter Quelle sogar schon auf 4,5 Teile Chlor 1 Teil Sulfat kommen, entfällt in Aßmannshausen bereits nur noch auf 18 Teile Chlor 1 Teil Sulfat. Die als alkalisch-muriatische Therme bezeichnete Quelle ist stark Lithium haltig.

Sehr erheblich ist der Bromgehalt der Quelle Alms und auch der Jodgehalt ist bemerkenswert.

Brom Milli Val: 0,1375 in 1 l;

Jod in 1 l = 4,5 Gamma.

Brom

	Alms	Münster am Stein	Theodorshalle	Viktoriaquelle Kreuznach	Elisabethquelle
Gramm Ionen	0,012	0,0238	0,0247	0,0457	0,038
Milli Val	0,1374	0,2976	0,3092	0,572	0,481

Das läßt auf einen Zusammenhang der Quelle mit den Brom- und Jodreichen Quellen der Nahetalbäder Münster am Stein, Theodorshalle und Kreuznach schließen. Vergleichen wir einmal die Quelle Alms mit diesen genannten bezüglich des Brom- und Jodgehaltes in g Ionen pro Liter und Milligrammäquivalent (Milli Val).

Jod

	Gramm	Gamma	Milli-Val
Alms	0,00045	4,5	0,0033
Münster am Stein	0,00029	2,9	0,0023
Viktoriaquelle Kreuznach	0,000324	3,2	0,0026
Elisabethquelle Kreuznach	0,00036	3,6	0,0029
Oranienquelle	0,001482	14,8	

Es zeigt sich, daß der Bromgehalt der Quelle Alms zwar beträchtlich ist, aber noch unter den Werten der Quellen der Nahetalbäder liegt. Aber im Jodgehalt zeigt sich deutlich ein Gehalt, der — sehen wir von der hochwertigen Oranienquelle ab — etwas höher ist als bei diesen Quellen. Ihm schließt sich sinngemäß der Jodgehalt eines Wassers an, das an der Nahe in der Nähe der Binger Kirche von Herrn ALMS 1934 erbohrt worden ist und 0,8 Gamma Jod enthält.

Vergleichen wir nun weiter die Hauptbestandteile der Quelle Alms mit denen der Nahetalbäder:

Milli Val (Milligrammäquivalente)

Kationen

	Kalium	Natrium	Calcium	Magnesium	Barium	Strontium
Alms	29,49	209,36	30,10	21,47	—	—
Münster am Stein	1,640	98,06	16,894	2,320	0,032	—
Theodorshalle	27,29	133,3	30,18	3,15	—	—
Oranienquelle Kreuznach	0,8056	242,0	53,94	2,92	—	—
Viktoriaquelle	1,918	178,00	36,07	6,55	0,855	1,062

Anionen

	Chlor	Brom	Jod	SO_4
Alms	265,09	0,1375	0,0033	34,56
Münster am Stein	114,1	0,297	0,0023	0,0373
Theodorshalle	189,4	0,309	0,0001	fehlt
Oranienquelle Kreuznach	296,4	2,522	0,0117	fehlt

Es ergibt sich zunächst, daß der Kochsalzgehalt bei Alms größer ist als in den Nahetalbädern und zumal der Kaligehalt in Gestalt von Chlor Kalium. Es ergibt sich ferner, daß das Verhältnis der Alkalien zu den Erdalkalien, wobei noch Barium und Strontium außer Calcium und Magnesium zu berücksichtigen sind, 5,3:1, 4,8:1 und 4,4:1, 4,0:1 etwa das gleiche ist wie bei Bohrung Alms 4,6:1 also nahezu gleich ist.

Aber was ganz abweichend im Verhalten der Nahetalquellen von der Quelle Alms ist, das ist der Sulfatgehalt, der bei dieser hoch ist (34,56 Milli Val) während er in den Nahetalbädern so gut wie fehlt,

$$\frac{\text{Chlor}}{\text{Sulfat}} \ \frac{7{,}7}{1} \ \text{(Alms)} \qquad \frac{\text{Chlor}}{\text{Sulfat}} \ \frac{3803}{1} \ \text{(Münster am Stein)}$$

Calcium ist in den Nahetalquellen nicht als Calciumsulfat, sondern als Chlorid enthalten, weshalb diese als erdmuriatische Kochsalzquellen zu bezeichnen sind, im Gegensatz zu den Quellen, Alms, Hildegardisquelle und Echterquelle, die alkalisch salinische Kochsalzquellen darstellen.

Wir sehen nun am Rande des Taunus, d. h. an dem Nordrand der Saar-Nahe-Saalestörung, mehrfach Mineralquellen austreten, die schon z. T. den Römern bekannt waren und die zur Erstellung so vieler blühender Badeorte geführt haben, wie nirgends sonst in Deutschland auf so kleinem Raum: Nauheim, Homburg v. d. Höhe, Kronthal, Soden, Wiesbaden, Kiedrich, Eltville, Geisenheim, Aßmannshausen, die durch FR. MICHELS einer Betrachtung unterzogen wurden. FR. MICHELS Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus Natur und Museum Heft 56 Frankfurt 1926.

Diese alle zeigen, trotz wechselnder Stärke in der Zusammensetzung als gemeinsames Merkmal den hohen Kochsalzgehalt und ebenfalls einen immerhin bemerkenswerten Sulfatgehalt, sie zeigen also insofern eine Verbindung mit unserer Gruppe um Alms.

MICHELS ist der Ansicht, daß, wegen des beträchtlichen Sulfatgehaltes dieser Taunusrandquellen, diese nicht mit den sulfatfreien Nahetalquellen in Verbindung gebracht werden können. Bei Nauheim konnte durch den Nachweis von Zechstein-Bakterien in den Thermen, einwandfrei bewiesen werden, daß das Nauheimer Quellwasser von den Zechstein-Salzlagerstätten in der Gegend von Fulda mineralisiert worden ist. Ob diese Verbindung aber restlos für alle Mineralquellen südlich von Nauheim am Taunusrand bis nach Kempten bei Bingen angenommen werden kann, ist fraglich. Prüfen wir das Verhältnis von Chlorgehalt zum Sulfatgehalt von den Taunusrandquellen.

Es kommen bei Nauheim auf einen Teil Sulfat 500 Teile Chlor, bei Kronthal 109, Bei Soden 103, bei Wiesbaden 101, bei Kiedrich 70, bei Schierstein 17 und bei Bohrung Alms (Kempten) 7,7 Teile. Diese Betrachtung läßt erkennen, daß der Sulfatgehalt von Nauheim über Kronthal-Soden, Wiesbaden nach Kiedrich und Kempten ständig zunimmt und schon bei

Schierstein mit 17:1 recht erheblich ist. Der höhere Sulfatgehalt ist also das, was die Mineralquellen von Kempten vor den Nahetalquellen und auch vor den eigentlichen Taunusrandquellen auszeichnet. Dieser Sulfatgehalt ist aber, wie wir weiter oben erwähnten, sehr wahrscheinlich örtlich bedingt, durch die Überlagerung von Sulfathaltigen (Gips) oligozänen Ablagerungen (teils durch Schwefeleisen führenden devonischen Schichten). Sehen wir also von dem örtlich bedingten höheren Sulfatgehalt des Kemptener Salzwassers ab, so läßt sich dieses gut mit dem Kreuznacher Mineralwasser in Verbindung bringen.

Was aber besonders auf den Zusammenhang der Nahetalsalzquellen mit den erbohrten Salzwässern von Kempten hinweist, ist der hohe Brom- und Jodgehalt. Die Untersuchung des Wassers aus 121 m Tiefe der Bohrung Alms ergab 12 mg Brom und 4,5 Gamma Jod. Weiter deutet auf den Zusammenhang der Salzwässer von Kempten mit denen am Nordende von Kreuznach die Salzwasser führende Bohrung an der Trollmühle zwischen Laubenheim und dem Nahedurchbruch bei Bingerbrück. Sie liegt 13 km nördlich der Kreuznacher Quellen, und zwar auf dem Schnittpunkt der rheinisch gerichteten Nahetalstörung mit der großen Saar-Nahe-Saale-Störungszone und nur 6 km im Streichen von den Kemptener Bohrungen entfernt.

Nachdem wir die Wanderwege von Salzwässern, die zum Teil sulfatfrei und methanführend sind, vom Pfälzer Bergland (St. Medard) bis zu den Bädern am Rande des Taunus aufgezeigt haben, fragen wir uns, wo sind diese Kochsalzwässer entstanden. Weder der rotliegende Quarzporphyr, noch der Melaphyr sind salzhaltig. Das gleiche gilt von den rotliegenden Sedimentgesteinen. Auch hat das unter dem Rotliegenden liegende mächtige Devon keine Salzlagerstätten. Endlich können die großen Salzmengen — über 9 Millionen kg Kochsalz und etwa 40000 kg Bromide, die im Jahr die Nahetalquellen zu Tage fördern, nicht aus dem Magma entstanden und auf Spalten hochgestiegen sein. Das Salzwasser muß auf Spalten und Klüften von weither als Auslaugungsprodukt von bituminösen Salzlagern herwandern. Es kann dabei nicht aus den Zechsteinsalzlagern stammen, denn dagegen sprechen die Analysen der Wässer.

Stark bituminöse, bis 560 m starke, salzführende Schichten kamen im südlichen Rheintalgraben im Obereozän und Unteroligozän zur Entstehung. Sie enthalten die wirtschaftlich so bedeutenden Kalisalzlager im Oberelsaß und Oberbaden. Ferner treten im nördlichen Grabenbereich zwischen Worms und Darmstadt Salzlager im Miozän auf. Gegenüber von Nackenheim sehen wir sogar auf größerem Raum Salzquellen sich in das Grundwasser ergießen, was wohl mit der in der Nähe durchziehenden großen Rheintalstörung in Zusammenhang steht.

Von besonderer Bedeutung für die Erklärung des Auftretens von Methan in den Nahetalmineralwässern sind die seit dem 18. Jahrhundert in der Ausbeute befindlichen Erdölfelder von Pechelbronn im Unterelsaß, die

neueren bedeutenden Funde von Landau, die badischen Vorkommen von Leopoldshafen und Bruchsal, und die im hessischen Ried bei Stockstadt, Wolfskehlen, Pfungstadt und Eich erschlossenen Erdgasvorkommen, die in der Hauptsache aus Methan bestehen. Sie liegen vermutlich auf dem in großer Tiefe durchziehenden Südflügel des Pfälzer Rotliegenden Sattels.

Besonders deutlich erwiesen sich die Zusammenhänge erdmuriatischer Kochsalzquellen des Nahetals mit den Erdöl und Methan (Erdgas) führenden Schichten des Rheintalgrabens durch den deutlichen Gehalt von Methan in den Salzwässern von Kreuznach und besonders von Münster am Stein. Auf den mit diesen Erdgasen vergesellschafteten Radongehalt ist in einer besonderen Arbeit von W. WAGNER 1938 hingewiesen worden.

Gehen wir in die Randgebiete des Rheintalgrabens, so sehen wir an den Randstörungen Bitumen führende Mineralwässer und sulfatfreie Salzwasser, so bei Heppenheim und Auerbach am Odenwaldrand, Worms, Mettenheim und Osthofen, Bad Dürkheim und Heidelberg. Als die erfolgreichen Tiefbohrungen auf Erdöl im Rheintal — ab 1936 — niedergebracht wurden, die bis zu 2500 m Tiefe gingen, wurden sehr häufig Sole führende Störungen angetroffen und an der Grenze von Obermiozän zu Pliozän Erdgase, deren Hauptbestandteil Methan ist. Die Solen erwiesen sich als sulfatfreie Thermen' und man konnte sie als Konzentrate der Kreuznacher Mineralwässer ansprechen. Besonders auffällig war neben der Sulfatfreiheit der hohe Gehalt an Brom. Es müssen also enge Beziehungen zwischen den Nahetalquellen und den sulfatfreien und methanhaltigen Solen des Grabens bestehen.

Es fragt sich, können wir Wege annähernd feststellen, auf denen die Salzwässer vom Rheintalgraben in das Mainzer Becken einwandern und können wir in ihm Wege finden, die seine weite unterirdische Verbreitung erklärt. Besonders deutlich ist das Empordringen von salzhaltigem Spaltenwasser am westlichen Rheintalrand bei Oppenheim, Nierstein und der Hohenau gegenüber von Nackenheim. In diesem Bezirk wurden in Quellen folgende Chlorgehalte in 1 Liter ermittelt: Entwässerungswerk Oppenheim 819 mg, römische Sironaquelle bei Nierstein 1658 mg, Hofgut Hohenau bei Nackenheim 3680 mg.

Die geologische Aufnahme im Mainzer Becken hat erwiesen, daß eine bis 3 km breite Störungszone in SW—NO-Richtung von Nierstein nach Schwabsburg und weiter, dem Alzey-Niersteiner Rotliegenden-Horst folgend, etwa nach Albig verläuft. Er wird bei Schwabsburg 3 km westlich des Rheins von Störungen begrenzt und durchsetzt. In ihm finden sich Quellen mit hohem Chlorgehalt, so im Ried von Nierstein eine erdmuriatische Quelle mit 4409 mg Chlor und Spuren von Erdöl, in dem oberrotliegenden Schwabsburger Sandstein Salzquellen mit einem Chlorgehalt bis 897 mg im Liter und mit geringen Erdgasausbrüchen.

Der Alzey (Albig) Niersteiner rotliegende Horst läßt sich, meist aber durch tertiäre Mergelschichten überdeckt, bis Albig verfolgen. Er ist von

Störungen, die vermutlich untermiozänen und altdiluvialen Alters sind, in rheinischer Richtung durchsetzt. In Albig fanden sich in Brunnen Chlorwerte bis zu 816,5 mg. Wir nehmen an, daß von Albig längs der NW gerichteten Störungszone zwischen Pfälzer Bergland und Mainzer Becken, Salzwasser in großer Tiefe bis zum Kreuznacher Quellgebiet wandert. Auf dem Wege nach dort liegt bei Volxheim — etwa 5 km östlich von Kreuznach im Quarzporphyr der sogen. Waschtrog. Sein Wasser ist 13,5 °C bis 14,0 °C warm und sein Chlorgehalt ist 220 mg in 1 Liter. Die Ergebnisse der Untersuchungen des Gebietes zwischen Albig und dem Waschtrog von Volxheim sind zwar spärlich, aber sie geben doch einige wichtige Anhaltspunkte für den Wanderweg der Salzwässer und des Erdgases (Methan) vom Rheintalgraben nach den Nahetalbädern (Weiler Born 800 m südlich Hackenheim mit 360 mgr Chlor; siehe Profil Mainzer Becken—Rheintalgraben).

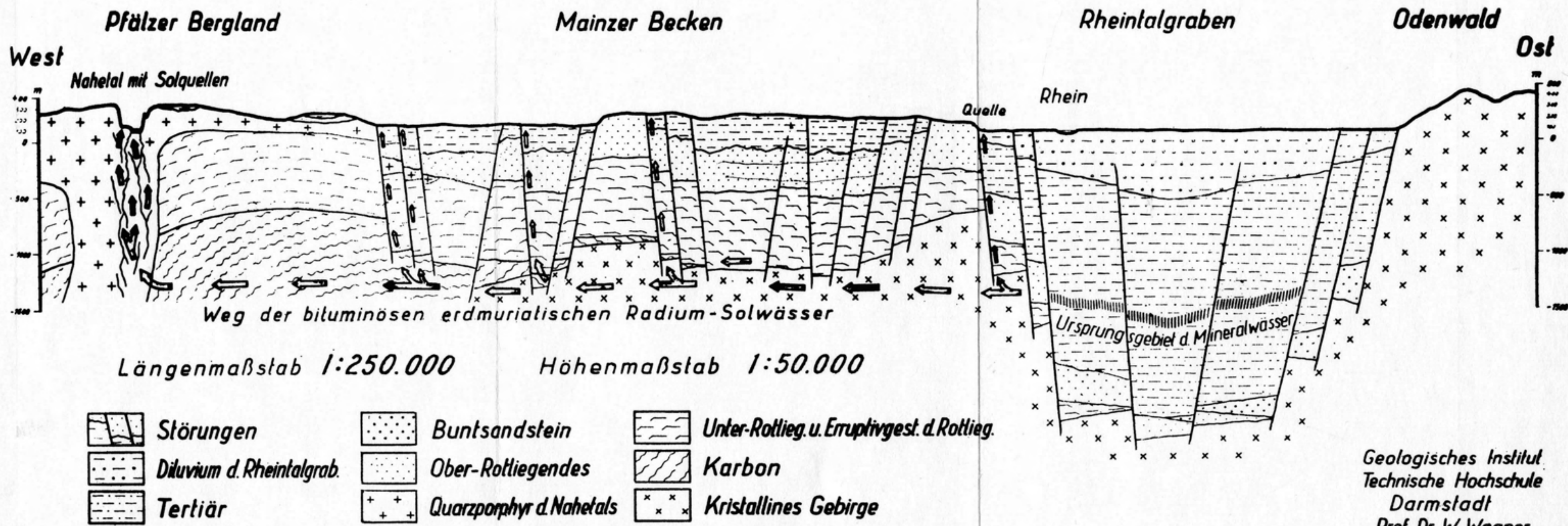
Ehe wir aber zu einem Schluß über die weit verbreiteten Wanderwege von Salzwässern im Untergrund des Mainzer Beckens kommen, müssen wir eine in den letzten Jahren ausgeführte Bohrung bei Nieder Olm mitten im Mainzer Becken, und zwar 10 km vom Rheintalgraben bei Nackenheim entfernt betrachten, der dem Kreuznacher Wasser ähnelt. Sein Chlorgehalt beträgt 80 Millival, ist also geringer als der Chlorwert der Nahetalmineralwässer, der im Durchschnitt bei 201 Millival liegt.

Aber das Nieder Olmer Wasser weicht doch von dem Kreuznacher Wasser in einigen wesentlichen Punkten ab. So enthält Nieder Olm 1380 mg Sulfat, während die Kreuznacher Wässer so gut wie sulfatfrei sind, was gerade einen besonderen Wert dieses Wasser ausmacht. Der Gehalt an Natrium, Kalium und Calcium ist wesentlich geringer, und dagegen ist der Hydrokarbonatgehalt etwas höher als bei den Nahetalmineralquellen.

Wie erklären sich die Unterschiede zwischen dem kochsalzhaltigen Nieder Olmer Wasser und dem von Bad Kreuznach? Bei der Betrachtung über die Entstehung des Mineralgehaltes des Nieder Olmer Wassers müssen wir auf einen chemischen Vorgang zurückgreifen, der als sogen. Basenaustausch in der Hydrogeologie eine große Rolle spielt, aber erst in letzter Zeit erkannt wurde. (Hessisches Landesamt f. Bodenforschung Fr. Schwille: Natriumhydrokarbonat- u. Natriumchlorid-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. Bd. 81, 1953.).

Die Wässer, die in den Kalk- und besonders den Mergelsteinen des Mainzer Beckens zirkulieren, sind meist sehr hart, d. h. sie enthalten Härtebildner (Calciumhydrokarbonat, Magnesiahydrokarbonat, Calciumsulfat [Gips]).

Die Unterlage der tonigmergeligen tertiären Schichten des Mainzer Beckens bilden die Gesteine des Rotliegenden. Es sind dies vulkanische Ergußgesteine, wie die rötlichen Quarzporphyre und tonige rote Sandsteine und sandige rote Tone, in denen ebenfalls Wässer teils auf Klüften, teils in wasserdurchlässigen Schichten zirkulieren können. Diese Wässer entstammen dem, das Mainzer Becken im Westen und Süden umrahmenden Pfälzer


MAINZER BECKEN – RHEINTALGRABEN
IDEAL-PROFIL
von
Prof. Dr. W. WAGNER
Pfälzer Bergland
Mainzer Becken
Rheintalgraben
Odenwald
West
Ost
Nahetal mit Solquellen
Quelle
Rhein
Weg der bituminösen erdmuriatischen Radium-Solwässer
Ursprungsgebiet d. Mineralwässer
Längenmaßstab 1:250.000
Höhenmaßstab 1:50.000
Störungen
Diluvium d. Rheintalgrab.
Tertiär
Buntsandstein
Ober-Rotliegendes
Quarzporphyr d. Nahetals
Unter-Rotlieg. u. Erruptivgest. d. Rotlieg.
Karbon
Kristallines Gebirge
Geologisches Institut
Technische Hochschule
Darmstadt
Prof. Dr. W. Wagner

Bergland. Nur wenige Verbindung besteht zwischen diesen tieferen Wässern und dem Wasser aus den diluvialen und tertiären Schichten des Mainzer Beckens, unter denen sie gespannt liegen, wie z. B. im Selztal bei Flonheim, wo nach Durchteufung des wasserabdichtenden Septarientons, das erbohrte Wasser 2,5 m über Tag sprang.

Aber diese tieferen Wässer haben eine wesentlich andere Zusammensetzung wie die höheren harten diluvialtertiären. Es sind sogen. Alkalihydrokarbonathaltige Wasser, d. h. bei ihnen ist das Hydrogenkarbonat nicht oder nur gering an die Erdalkalien (Calcium, Magnesium), die Härtebildner gebunden, sondern in erster Linie an Natrium. Zugleich stellt sich, nach der Tiefe zunehmend, ein größerer Kochsalzgehalt ein. Da aber dem Rotliegenden und dem benachbarten devonischen Schiefergebirge kochsalzhaltige Gesteine völlig fehlen, so kann dieser Salzgehalt, wie schon oben mehrfach erwähnt, nur dem sehr tiefziehenden Salzstrom entstammen, der in den salzreichen Tertiärschichten des Rheintalgrabens seinen Ursprung nimmt.

Wie kommen diese Wässer zustande?

Die Gesteine des Rotliegenden enthalten Mineralien, die wir als sogen. Ionenaustauscher bezeichnen. Es sind vor allem Tonerdesilikate und glimmerartige Mineralien, wie sie in den Verwitterungsprodukten der Melaphyre und in dem Gesteinswechsel von roten Schiefertonen und feinkörnigen Sandsteinen auftreten. Zu diesen gehört z. B. der Leverrierit, der in den roten sandigen Tonschiefern von Nierstein nachgewiesen wurde, und auf dessen Austauschfähigkeit wohl die düngende Wirkung der Alkalien in diesen Böden zurückzuführen ist. In solchen Austauschgesteinen befinden sich Alkalien, insbesondere Natrium. Die im Gestein zirkulierenden Wässer enthalten die Härtebildner Calcium und Magnesiumhydrokarbonat. Diese werden durch das Natrium ersetzt, das nun als lösliches Natriumhydrokarbonat im Wasser vorhanden ist. Wenn die Austauschmasse zu gering ist, wird sie unwirksam und es verbleibt Erdalkalienhydrokarbonat im Wasser. Dies ist häufig bei den Rotliegenden-Gesteinen der Fall. Aber je mehr wir im Mainzer Becken in die Tiefe gehen, um so mehr sehen wir das Verschwinden der Härtebildner und um so mehr findet der Austausch unter Bildung des Natriumhydrokarbonates statt, so daß z. B. bei St. Johann östlich von Kreuznach in 158 m Tiefe überhaupt keine Härtebildner mehr im Wasser vorhanden sind. Aber wir stellen zugleich fest, daß der Chlorgehalt ansteigt. Wir kommen also in den Bereich des oben erwähnten Solestroms, der in sehr großer Tiefe vom Rheintalgraben nach Westen strömt, und auf seinem Weg an Zerrüttungszonen Gelegenheit findet sich mit den höher zirkulierenden Grundwässern zu mischen. Durchströmt nun dieses natriumreiche Wasser ionenaustauschfähige Gesteine, so wird sich das Alkalikarbonatwasser bilden, das einen mitunter sehr starken Chloridgehalt aufweisen kann, wie z. B. das von Nieder Olm.

Wir haben also drei Wasserstockwerke im Mainzer Becken übereinander, die sich chemisch wesentlich unterscheiden. Zuoberst das mengenmäßig geringe diluvialtertiäre mit seiner großen Härte, die auf 60 Härtegrade ansteigen kann und die meist auch einen beträchtlichen Sulfatgehalt durch gipshaltige Gesteine aufweist. Darunter die Rotliegenden Wasser, mit geringerer aber schwankender Härte, die auf Null sinken kann und mit einem stark schwankenden Chloridgehalt, der im allgemeinen nach der Tiefe zu ansteigt. Endlich haben wir den in sehr großen Tiefen wohl über 1500 m tief — ziehenden Solwasserstrom des Rheintalgrabens, charakterisiert durch den Gehalt an Chlorcalcium und seiner Armut oder sogar Freiheit an Sulfaten, bedingt durch seine Bildung in den bitumen- und salzreichen tertiären Ablagerungen im tiefversenkten Rheintalgraben (s. Abb.). Die verschiedene Salzführung der zahlreichen Mineralwässer des Mainzer Beckens und seiner Ränder ist durch die Möglichkeit der Vermischung der drei Wasserhorizonte bedingt. Die Bohrung Nieder Olm zeigt uns aber außerdem, daß die Wanderwege der Salzwässer im tieferen Mainzer Becken ausgedehnter sein müssen als wir bisher wußten und beschrieben haben, so daß wir am Nordende des Rheintalgrabens mit gemischten Kochsalzwässern rechnen können, die sich in Salzlagerstätten des Zechsteins in der Gegend von Fulda und in denen des Tertiärs des nördlichen Rheintalgrabens gebildet haben.

LITERATUR

Geib, F. W.: Über die mutmaßliche Fortsetzung der Kurparkverwerfung am östlichen Teil des Kreuznacher Porphyrmassivs.

Häberle, D.: Die Mineralquellen der Rheinpfalz und ihres nördlichen Nachbargebietes in geologisch-historischer Beziehung. Kaiserslautern (Kayser) 1912.

Michels, F.: Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. Natur und Museum Frankfurt 1906.

— Die Wiesbadener Mineralquellen. Jahrbuch d. Nassauischen Vereins f. Naturkunde, Bd. 98, Wiesbaden 1966.

Schwille, Fr.: Natriumhydrogenkarbonat- und Natriumchlorit-Wässer im tieferen Untergrund des Mainzer Beckens. Notizblatt d. Hess. L. A. f. Bodenforschung, Bd. 31, 1953.

Wagner, W.: Die Lagerungsverhältnisse am Westufer des Mainzer Beckens bei Kreuznach und die Kochsalzquellen der Bäder Kreuznach und Münster am Stein. Notizbl. d. Ver. f. Erdkunde u. hess. geol. L.-Anstalt (V), 6, S. 76f., Darmstadt 1924.

— Der Radiumgehalt und die Radioaktivität der Mineralquellen der Nahetalbäder Bad Kreuznach und Bad Münster am Stein. Darmstadt 1938.

— Miozänes Steinsalz im hessischen Rheintalgraben. Wiss. Veröff. Techn. Hochschule Darmstadt 1947.